



**II Concurso ETSIA de Puentes Agustín
de Betancourt para estudiantes del Grado
en Ingeniería Civil y del Máster en
Ingeniería de Caminos, Canales y
Puertos.**

12 de febrero de 2025

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería
de Algeciras**

UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

1. Introducción

El presente documento establece las bases para la celebración del **II Concurso ETSIA de Puentes Agustín de Betancourt**, dirigido a estudiantes del Grado en Ingeniería Civil y del Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos.

El objetivo de este concurso es que seis equipos, conformados por cuatro estudiantes de Ingeniería Civil y/o del Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Algeciras (ETSIA), construyan un puente el día **12 de febrero de 2025**, utilizando los materiales y herramientas especificados en estas bases. La actividad se llevará a cabo bajo ciertas restricciones geométricas y de tiempo.

El Jurado evaluará, en primer lugar, el diseño conceptual de cada puente y la presentación realizada por los equipos. Posteriormente, se analizarán parámetros técnicos como el peso del puente, su carga de rotura y la deformación asociada a dicha carga. Estos cinco criterios, ponderados adecuadamente, determinarán las puntuaciones obtenidas por los equipos participantes.

El equipo que obtenga la mayor puntuación será premiado con la representación de la ETSIA y de la **Universidad de Cádiz** en el **II Concurso Nacional de Puentes Agustín de Betancourt**. Este evento tendrá lugar este año en la **Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT)** los días **21 y 22 de marzo de 2025**, y estará dedicado a la memoria de Javier Manterola Armisén.

Además del reconocimiento, el equipo ganador contará con los gastos de desplazamiento y manutención cubiertos para la participación en el Concurso Nacional, donde podrá optar a ganar el premio otorgado en dicha competición.

La fecha límite para inscribirse en el Concurso Local es el **15 de enero de 2025**. Previamente, el día **13 de diciembre de 2024** a las 11:00 horas, se celebrará una charla informativa sobre las bases del concurso. Asimismo, el Área de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras ofrecerá varias sesiones formativas antes de la fecha del Concurso Local, para ayudar a los equipos a preparar sus propuestas.

Desde la Dirección de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Algeciras animamos a todos los estudiantes a participar en esta iniciativa.

2. Participación.

El presente Concurso está abierto a **equipos formados por estudiantes matriculados en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Algeciras (ETSIA)**, en las **titulaciones de Grado en Ingeniería Civil y Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos**.

Cada equipo estará compuesto por **cuatro estudiantes**, estableciéndose un límite máximo de **seis equipos** para esta edición del Concurso ETSIA. Los estudiantes podrán participar independientemente del curso académico en el que se encuentren matriculados, ya sea en Grado o en Máster. Además, los equipos podrán estar integrados por estudiantes de diferentes cursos y programas.

La participación en el Concurso será **totalmente gratuita** para todos los estudiantes.

La inscripción de los equipos deberá formalizarse a través del siguiente formulario <https://forms.gle/xyystushPXGisDzHA>, antes del **15 de enero de 2025**. Una vez completado este proceso, la Dirección de la ETSIA verificará y confirmará la correcta inscripción de los equipos en el Concurso.

El día **13 de diciembre de 2024**, a las **11:00 horas**, se llevará a cabo una charla informativa organizada por la ETSIA. En esta sesión se expondrán los detalles tanto del Concurso Local como del Concurso Nacional. Para cualquier duda pueden escribir al correo juanmaria.terrones@uca.es

3. Construcción de los puentes.

La construcción de cada puente estará a cargo de un equipo integrado por cuatro estudiantes, cuya composición será inalterable durante todo el proceso de diseño y ejecución.

Los materiales y herramientas necesarios para la construcción serán proporcionados exclusivamente por la organización y serán idénticos para todos los equipos participantes. Estos materiales y herramientas se especifican en el **Anejo 1**. Queda estrictamente prohibido el uso de materiales o herramientas no suministrados por la organización, incluyendo elementos resistentes o decorativos como adhesivos, pinturas, entre otros.

Los estudiantes podrán disponer y utilizar libremente dibujos, planos y croquis previamente elaborados, así como instrumentos de cálculo y herramientas de dibujo técnico, tales como lápices, reglas y calculadoras.

La construcción de los puentes se llevará a cabo el **12 de febrero** en la **Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Algeciras**, en una jornada continua con un límite de tiempo de **cinco horas**. Una vez finalizado este plazo, no se permitirá realizar modificaciones en las estructuras construidas. No obstante, estará permitido ajustar el tensado de los cables metálicos antes de la realización del ensayo de carga.

Los puentes construidos deberán cumplir con las siguientes limitaciones:

- El tablero será de 120 x 30 cm de largo y ancho, respectivamente. Se facilitará por la organización.
- El puente descansará sobre dos ejes de apoyos, articulados, separados 110 cm, definidos según el Anejo 2.
- Los puentes deberán permitir, en el centro, la colocación de un elemento de carga definido según el Anejo 2.
- El puente completo debe caber completamente, colocado con su tablero en posición horizontal, en una caja de dimensiones interiores 125, 38 y 30 cm de largo, ancho y alto respectivamente. Los equipos podrán hacer uso de ella en cualquier momento durante la construcción para comprobar las dimensiones.
- El gálibo vertical del tablero (distancia libre entre la cara superior del tablero y cualquier elemento colocado sobre éste) será igual o mayor de 8 cm.
- La distancia máxima en vertical entre la fibra superior del tablero y la fibra inferior de cualquier punto de la estructura ha de ser menor o igual de 10 cm.
- Los puentes que no cumplan las condiciones geométricas definidas en este artículo quedarán automáticamente eliminados del concurso.

4. Criterios de valoración y puntuaciones.

Una vez construidos, los puentes se evaluarán de acuerdo con los siguientes criterios, pesos relativos y métodos de evaluación de la siguiente tabla:

Criterio	Peso [%]	Evaluación
Diseño conceptual	30	Jurado
Exposición de la solución	20	
Peso de la estructura	20	Báscula
Carga de rotura	15	Ensayo de carga
Deformación	15	
Total	100	

Tabla 1. Criterios y pesos.

4.1. Diseño conceptual (30 puntos)

Se valorará la idoneidad de la estructura al problema planteado, las proporciones, los acabados y detalles y la armonía final del conjunto.

Los miembros del jurado puntuarán todos los puentes utilizando la siguiente tabla 2.

Posición	Puntos
1º	30
2º	26
3º	22
4º	19
5º	17
6º y siguientes:	15

Tabla 2. Diseño conceptual. Puntuaciones.

4.2. Exposición de la solución (20 puntos)

Cada equipo expondrá la solución adoptada durante un tiempo máximo de 5 minutos.

El equipo se ayudará obligatoria y únicamente de una presentación de Microsoft PowerPoint que tendrá como máximo 6 diapositivas de formato libre. No se

permite el uso de vídeos ni animaciones. Alternativamente, puede utilizarse un archivo PDF de 6 páginas como máximo. Todos los archivos se facilitarán a la organización antes de que comience la primera exposición. El orden de exposición se realizará por sorteo.

Se valorará la claridad y calidad de la presentación, así como de la explicación y respuestas al jurado.

El jurado podrá preguntar al equipo durante un tiempo máximo de 5 minutos.

Los miembros del jurado puntuarán todas las exposiciones utilizando la tabla 3.

Posición	Puntos
1º	20
2º	17
3º	14
4º	12
5º	11
6º y siguientes:	10

Tabla 3. Exposición y presentación. Puntuaciones.

4.3. Peso de la estructura (20 puntos)

Se determinará el peso de los puentes completamente terminados, y su peso se redondeará a la medida más cercana en múltiplos de 100 g. Se dará la puntuación máxima de 20 puntos a la que menos pese, y 0 puntos a la que más. Para las demás estructuras, la puntuación se obtendrá por interpolación lineal entre ambos valores extremos.

4.4. Carga de rotura P_u (15 puntos)

Para valorar este criterio, se dará la máxima puntuación, 15 puntos, a todas las estructuras cuya carga de rotura P_u colocada en el centro del vano según el Anejo 2 alcance los 500 kg. A los efectos de este concurso, se entiende que la rotura se produce cuando la estructura alcance, a juicio del jurado, una pérdida significativa de funcionalidad. Si $P_u < 500$ kg se puntuará de acuerdo con la tabla 4:

P_u [kg] >	Puntos
500	15
450	12
400	10
350	8
300	6
250	4
200	3
150	2
100	1

Tabla 4. Carga de rotura. Puntuación.

La estructura quedará excluida del concurso si $P_u < 100$ kg.

4.5. Rigidez (15 puntos)

Para valorar este criterio se distinguen dos casos, en función de la carga de rotura.

Caso $P_u \geq 500$ kg.

Se dará la máxima puntuación, 15 puntos, a todas las estructuras cuya deformación en el centro del vano δ_{500} , para una carga $P_u \geq 500$ kg, colocada según el Anejo 2, sea menor de 30 mm. Si $\delta_{500} > 30$ mm se puntuará de acuerdo con la tabla 5:

δ_{500} [mm] <	Puntos
30	15
35	12
40	10
45	8
50	6
55	4
60	3
65	2
75	1

Tabla 5. Deformación. Puntuación.

Caso $P_u < 500$ kg.

Si la carga de rotura P_u de la estructura resulta menor de 500 kg, la flecha δ_{500} se evaluará, sólo a los efectos de la determinación de la rigidez, de la siguiente manera:

$$\delta_{500} [mm] = 1,25 * \delta_{P_u} * \frac{500}{P_u}$$

Donde:

- P_u [kg] es la carga más alta medida para la que el puente no haya roto.
- δ_{P_u} [mm] es la flecha en centro de vano para P_u
- 1.25 es un factor de penalización por no alcanzar la carga prevista de 500 kg

Ejemplos de aplicación de los criterios de carga de rotura y rigidez.

a) Caso $P_u=500$ kg, $\delta_{500}=25$ mm.

Como $P_u=500$ kg, según la tabla 4, la puntuación es de 15 puntos.

$\delta_{500} = 25$ mm < 30mm. Según la tabla 5, la puntuación es de 15 puntos.

b) Caso $P_u=310$ kg, $\delta_{310}=28$ mm.

Como $P_u=310$ kg, según la tabla 4, la puntuación es de 6 puntos.

$$\delta_{310} [mm] = 1,25 * 28 * \frac{500}{310} = 56.6 \text{ mm}$$

$\delta_{500} = 56.4$ mm < 60 mm. Según la tabla 5, la puntuación es de 3 puntos.

5. Premio al equipo ganador.

El equipo que obtenga la mejor puntuación, conforme a los criterios establecidos previamente, será galardonado con la representación oficial de la ETSIA y de la Universidad de Cádiz en el II Concurso Nacional de Puentes Agustín de

Betancourt, que se celebrará los días **21 y 22 de marzo de 2025** en la **Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y de Ingeniería de Minas** de la **Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT)**. Este evento estará dedicado a la memoria del ilustre ingeniero **Javier Manterola Armisén**.

Además del prestigio que conlleva esta representación, el equipo ganador contará con todos los gastos de desplazamiento y manutención cubiertos para su participación en el Concurso Nacional, donde podrá optar a obtener el premio otorgado en dicha competición.

En caso de empate en la puntuación entre dos equipos, el equipo vencedor será aquel que haya obtenido la mayor puntuación en el apartado de **Diseño Conceptual**. Si el empate persiste, se procederá a deshacerlo tomando en cuenta la puntuación en los apartados siguientes, en este orden:

1. Carga de rotura.
2. Peso de la estructura.
3. Exposición de la solución.
4. Rigidez.

6. Clausulas adicionales

- El Jurado estará definido por la Dirección de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Algeciras.
- El jurado resolverá, de modo inapelable, cualquier situación imprevista o no recogida en estas bases.
- El concurso tendrá periodicidad anual.
- La participación en el concurso supone la aceptación de estas bases.

ANEJO 1: MATERIALES Y HERRAMIENTAS PARA LA REALIZACION DEL PUENTE POR EQUIPO

Materiales para la construcción del puente:

1. Listones de madera (13 mm x 25 mm x 2.4 m)

<https://www.leroymerlin.es/productos/madera/listones/listones-de-pino/liston-de-abeto-sin-cepillar-13x25mm-x-2-4m-ancho-x-espesor-x-largo-82200686.html>

2. Cable de acero trenzado (\varnothing 2 mm)

<https://www.leroymerlin.es/productos/ferreteria-y-seguridad/cadenas-cuerdas-y-cinchas/cables-y-alambres-de-acero/cable-de-acero-galvanizado-de-2mm-de-y-10-m-de-longitud-89125675.html?src=clk>

3. Sujetacables

<https://www.leroymerlin.es/productos/ferreteria-y-seguridad/cadenas-cuerdas-y-cinchas/accesorios-de-cadenas-cuerdas-cables-y-cinchas/pack-2-sujetacables-de-acero-cincado-18608464.html?src=clk>

4. Tensores para cable de acero

<https://www.leroymerlin.es/productos/ferreteria-y-seguridad/cadenas-cuerdas-y-cinchas/accesorios-de-cadenas-cuerdas-cables-y-cinchas/tensor-de-acero-cincado-ojo-ojo-5-mm-18610186.html?src=clk>

5. Tabla de contrachapado (120 cm x 60 cm x 5 mm)

<https://www.leroymerlin.es/productos/madera/tablas-y-tableros/tableros-de-contrachapado/tablero-de-contrachapado-crudo-60x120x0-5-cm-anchoxaltogrosor-11034254.html?src=clk>

6. Escuadras de ángulo (20 mm x 20 mm)

<https://www.leroymerlin.es/productos/ferreteria-y-seguridad/perfiles-pletinas-chapas-y-rejillas/pletinas-escuadras-y-tornillos-de-ensamblaje/escuadra-angulo-bicromatada-de-20x20-mm-665623.html>

7. Pletinas de unión (40 mm)

<https://www.leroymerlin.es/productos/ferreteria-y-seguridad/perfiles-pletinas-chapas-y-rejillas/pletinas-escuadras-y-tornillos-de-ensamblaje/lote-100-placas-union-en-acero-bicromatado-40-mm-82535922.html>

8. Tirafondos ($\varnothing 3 \times 20$ mm)

<https://www.leroymerlin.es/productos/ferreteria-y-seguridad/tornillos-tacos-clavos-y-complementos/tornillos/tornillos-para-madera/100-tornillo-para-madera-spax-pozidriv-con-cabeza-avellanada-3-x-l-20-mm-14676480.html>

9. Tirafondos ($\varnothing 3 \times 35$ mm)

<https://www.leroymerlin.es/productos/ferreteria-y-seguridad/tornillos-tacos-clavos-y-complementos/tornillos/tornillos-para-madera/75-tornillo-para-madera-spax-pozidriv-con-cabeza-avellanada-3-x-l-35-mm-14676452.html>

10. Clavos ($\varnothing 1,3 \times 20$ mm)

<https://www.leroymerlin.es/productos/ferreteria-y-seguridad/tornillos-tacos-clavos-y-complementos/clavos-y-puntas/375-clavo-standers-de-acero-de-20-mm-15673735.html>

Partida	Uds.
Listones de madera 13mm x 25mm x 2.4m (8 uds)	8
Cable de acero trenzado de $\varnothing 2$ mm (bobina de 10 m)	1
Sujetacables (Pack de 2 uds)	5
Tensores cable de acero	4
Tabla de contrachapado 120cm x 60cm x 5mm	1
Escuadras ángulo 20mm x 20mm	20
Pletinas de unión 40mm (pack de 100)	4
Tirafondos $\varnothing 3 \times 20$ mm (Caja de 100 uds)	1
Tirafondos $\varnothing 3 \times 35$ mm (Caja de 75 uds)	1
Clavos $\varnothing 1,3 \times 20$ mm (Pack de 375 uds.)	1

Materiales para el desarrollo del puente por cada equipo.

Herramientas para cada equipo participante:

1. Atornillador sin cable BLACK+DECKER (10,8v)
2. Portapuntas DEXTER (54 mm)
3. Punta de atornillar DEXTER (PZ2 + L. corta, hasta 25 mm)
4. Broca para madera de 3 puntas (\varnothing 2 x L. 49 mm) DEXTER
5. Broca para madera de 3 puntas (\varnothing 3 x L. 60 mm) DEXTER
6. Serrucho DEXTER (350 mm, universal fino)
7. Tenaza rusa para cortar DEXTER (200 mm)
8. Llave de vaso DEXTER Pro (7 mm con cuadradillo de 1/4")
9. Atornillador manual con portapuntas largo (197 mm) WOLFCRAFT
10. Adhesivo de montaje
11. Martillo de carpintero (28.2 cm)
12. Set de 3 adaptadores DEXTER (1/4", 3/8", 1/2")
13. Flexómetro 3m x 16mm DEXTER

ANEJO 2: APOYOS E INTRODUCCIÓN DE LA CARGA

La estructura se apoyará en dos sistemas de rodillos continuos a todo el ancho del tablero. La luz total de la estructura quedará reducida a 1,10 m.

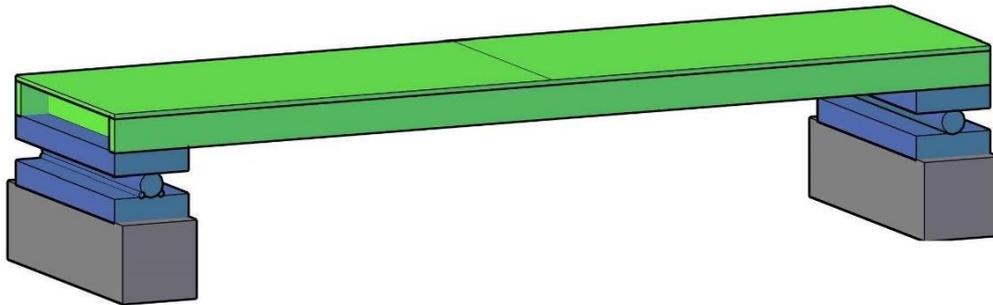


Ilustración 1. Esquema tipo de la estructura.

La carga se aplicará en el centro de luz del tablero a través de una pletina de 30 cm de anchura (todo el ancho del tablero, sobresaliendo ligeramente de este por los laterales) y 6 cm de longitud, tal como se muestra a continuación.

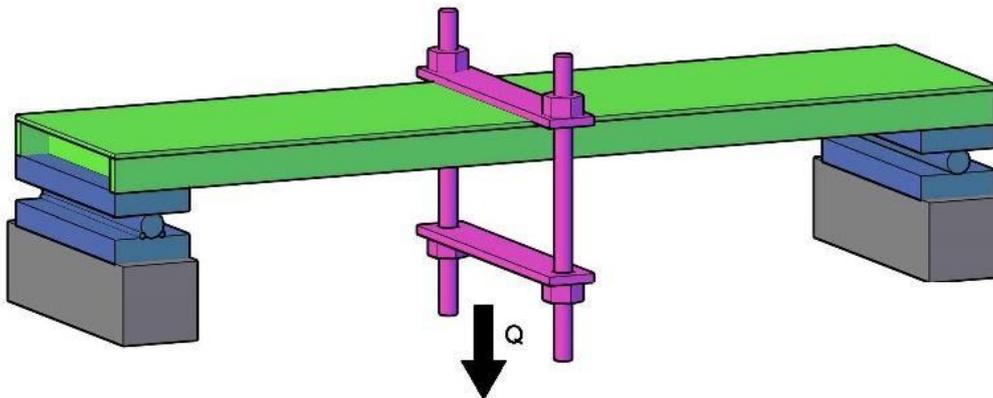


Ilustración 2. Definición de las zonas de apoyo y de carga.

Los diseños elaborados por los diferentes equipos deberán tener en cuenta la forma de aplicar la carga, permitiendo la colocación de la pletina en la sección de centro de luz.